

CH 581 493



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. CL.<sup>2</sup>: B 01 F 5/00



①

CH PATENTSCHRIFT AS

①

581 493

S

- ②① Gesuchsnummer: 8649/74
- ⑥① Zusatz zu:
- ⑥② Teilgesuch von:
- ②② Anmeldungsdatum: 24. 6. 1974, 17 h
- ③③ ③② ③① Priorität:

Patent erteilt: 30. 9. 1976

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15. 11. 1976

⑤④ Titel: **Mischverfahren zum Mischen von Medien sowie  
Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens**

⑦③ Inhaber: **Escher Wyss Aktiengesellschaft, Zürich**

⑦④ Vertreter: **Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur**

⑦② Erfinder: **Dr. Alfred Christ, Zürich, und Rolf Lehmann, Mutschellen**

Die Erfindung betrifft ein Mischverfahren zum Mischen von Medien, von denen mindestens eines leicht fließfähig ist. Gleichzeitig betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens.

Die Erfindung betrifft eine sogenannte statische Mischvorrichtung, d. h. eine Vorrichtung ohne bewegliche mechanische Teile. Die bekannten Mischvorrichtungen dieser Art, die z. B. auf dem Prinzip des Aufteilens der Strömung und ihrer Zusammenführung an versetzten Stellen, oder, wie z. B. Brennkammern, mit Drallströmungen, arbeiten, haben eine relativ grosse Erstreckung in Strömungsrichtung und/oder einen hohen Druckverlust.

Die Erfindung hat die Schaffung eines Mischverfahrens und einer Vorrichtung zum Ziel, welche mit möglichst kleinem Druckverlust auf kurzem Strömungsweg eine homogene Vermischung der Medien gestatten.

Das erfindungsgemässe Mischverfahren, durch welches dieses Ziel erreicht wird, ist dadurch gekennzeichnet, dass das leicht fließfähige Medium durch einen Kanal mit einer sprunghaften Änderung des Querschnittes geführt wird, an welcher eine Ablösung der Strömung von der Wand des Kanals erfolgt, und dass das beizumischende Medium in den Kanal spätestens in den an der Ausweitung entstehenden Wirbelbereich eingeführt wird.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens ist gekennzeichnet durch einen Strömungskanal für das leicht fließfähige Medium, welcher eine sprunghafte Änderung des Strömungsquerschnittes aufweist, an welcher eine Ablösung der Strömung von der Wand des Kanals erfolgt, sowie durch eine Einführöffnung zur Einführung des beizumischenden Mediums in den Strömungskanal, die sich an einer Stelle befindet, welche, in Strömungsrichtung des leicht fließfähigen Mediums betrachtet, spätestens im Wirbelbereich der Änderung liegt.

Bei vorliegenden Verfahren und der Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens wird von der Erkenntnis ausgegangen, dass nach einer sprunghaften Ausweitung des Querschnittes eines Strömungskanals nach einer gewissen Strecke das Geschwindigkeitsprofil im Kanal fast ideal ausgeglichen wird. Es entsteht eine praktisch konstante Geschwindigkeit im ganzen Querschnitt des Strömungskanales mit nur dünner Grenzschicht. Eine Strömungsuntersuchung zeigt, dass die Turbulenz der Strömung sehr gross ist. Der hohe Turbulenzgrad der Strömung und das ausgeglichene Geschwindigkeitsprofil weisen auf eine starke Austauschbewegung quer zur Strömungsrichtung hin. Diese intensive Austauschbewegung wird erfindungsgemäss zur Durchmischung der Medien genutzt.

Dabei braucht nur das Erstmedium leicht fließfähig zu sein, wobei es ein Gas oder eine Flüssigkeit sein kann. Das beizumischende Medium kann ebenfalls flüssig oder gasförmig sein. Es kann jedoch auch die Form von Tröpfchen oder Feststoffpartikeln in einem Trägergas oder Tröpfchen bzw. Feststoffpartikeln in einer Trägerflüssigkeit haben.

Nicht in Betracht gezogen werden dabei Mischvorgänge von zähflüssigen Medien, wie dicken Ölen, Pasten usw.

Die Erfindung wird anhand in der Zeichnung schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch eine erfindungsgemässe Mischvorrichtung mit eingezeichneten Diagrammen des Verlaufes der Strömungsgeschwindigkeit und der Konzentration der Medien über dem Querschnitt,

Fig. 2 eine Vorrichtung mit einer Serieschaltung von zwei Ausweitungen,

Fig. 3 eine Mischvorrichtung mit einer Blende,

Fig. 4 eine Mischvorrichtung mit einer Düse,

Fig. 5 ein Schema einer Vorrichtung mit einer durch eine konische Fläche gebildeten Ausweitung, wobei sich mehrere Einführöffnungen in der Fläche befinden,

Fig. 6 eine Vorrichtung mit einem Einführrohr, das sich, im Gegensatz zur Fig. 1, nach der Ausweitung befindet und gegen die Strömung des leicht fließfähigen Erstmediums gerichtet ist,

Fig. 7 eine Vorrichtung mit mehreren Mischkanälen in einem grösseren Kanal,

Fig. 8 eine Ansicht der Vorrichtung aus der Fig. 7 in der Richtung des Pfeiles P betrachtet und die

Fig. 9 eine andere Ausführungsform der Vorrichtung aus der Fig. 7.

Die Fig. 1 zeigt eine Mischvorrichtung mit einem Strömungskanal 1, der einen Abschnitt 2 mit kleinerem Querschnitt und einem Abschnitt 3 mit grösserem Querschnitt aufweist. Zwischen den Abschnitten 2 und 3 befindet sich eine sprunghafte Ausweitung 4, die durch eine Ringfläche 5 gebildet wird, welche senkrecht zur Achse A des Kanals und somit auch zur Strömungsrichtung S des leicht fließfähigen Mediums steht. Der innere Umfang der Ringfläche 5 ist durch eine scharfe Kante 6 begrenzt, der äussere Umfang bildet eine ebenfalls scharfkantige Hohlkehle 7.

In den Abschnitt 2 mit kleinerem Querschnitt ist ein Zuführrohr 8 eingeführt, das eine Ausgangsöffnung 10 aufweist, die bezüglich der Strömungsrichtung S stromabwärts gerichtet ist.

Im Betrieb durchströmt das leicht fließfähige Erstmedium den Kanal 1 in der Richtung des Pfeiles S. Nach der sprunghaften Ausweitung 4 bildet sich eine Totzone 11, welche die Entstehung eines Wirbelbereiches mit hohem Turbulenzgrad nach der Ausweitung zur Folge hat. In der Wirbelströmung, welche durch einen Ausgleich des Geschwindigkeitsprofils im ganzen Querschnitt des Abschnittes 3 gekennzeichnet ist, besteht eine starke Austauschbewegung in der Querrichtung zur Achse A des Kanals, die erfindungsgemäss zur Durchmischung ausgenützt wird.

Das beizumischende Medium, das, wie erwähnt, eine Flüssigkeit, ein Gas, ein Aerosol, eine Emulsion, ein Staub in Trägergas oder eine Suspension sein kann, wird durch das Rohr 8 zugeführt und tritt durch die Öffnung 10 in den Abschnitt 2 des Kanals 1.

In der Fig. 1 sind die Verläufe der Geschwindigkeiten der einzelnen Medien über den Querschnitt des Kanals eingezeichnet. So zeigt das Diagramm I den Verlauf der Geschwindigkeit des Erstmediums im Abschnitt 2 vor der Ausweitung 4. Der Geschwindigkeitsverlauf weist an seinem Rand eine verhältnismässig breite Grenzschicht auf. Das Diagramm II zeigt das Konzentrationsprofil des beizumischenden Mediums kurz nach der Einführöffnung 10. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, verläuft die Strömung dieses Mediums nur in einem kleinen Teil des Querschnittes.

Das Diagramm III zeigt die Geschwindigkeit und somit die Verteilung des Erstmediums über dem Querschnitt in der Wirbelzone nach der Ausweitung 4. Das Diagramm zeigt, dass die Geschwindigkeit in der Richtung der Achse A des Kanals 1 über den ganzen Querschnitt sehr ausgeglichen ist, und dass nur eine sehr schmale Grenzschicht besteht. Schliesslich zeigt das Diagramm IV das Konzentrationsprofil und somit die Verteilung des beigemischten Mediums über den Querschnitt. Man sieht, dass in der gegebenen Entfernung das beigemischte Medium gleichmässig über den Querschnitt verteilt ist.

Versuche haben gezeigt, dass der Geschwindigkeitsverlauf nach dem Diagramm III an einer Stelle erreicht wird, die von der Ausweitung um das Vier- bis Fünffache der grössten Dimension des Kanals in Querrichtung entfernt ist. Bei runden Kanälen ist diese Dimension der Durchmesser D (Fig. 1).

Theoretisch ist die Einführung des beizumischenden Mediums in diesem Bereich und auch noch weiter möglich, da die Wirbelströmung für die Vermischung sorgt. Um einen kurzen Kanal zu erhalten, wird man jedoch praktisch nicht über zwei D hinausgehen.

Die Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform der Mischvorrichtung, bei welcher dem Abschnitt 3 des Kanals noch ein Abschnitt 3' nachgeschaltet ist, der sich nach einer Ausweitung 4' befindet. Die Zufuhr des beizumischenden Mediums erfolgt in diesem Fall durch Leitungen 8 und 8' mit Mündungen 10 und 10'. Die Mündungen befinden sich dabei kurz nach den Ausweitungen 4 und 4', so dass das beizumischende Medium jeweils in den Wirbelbereich 11 bzw. 11' gelangt.

Durch die Zuführkanäle 8 und 8' kann das gleiche Medium zugeführt werden, so dass die Strömung des Erstmediums stufenweise angereichert wird. Es können jedoch auch durch die beiden Kanäle 8 und 8' verschiedene Medien zugeführt werden.

Die Fig. 3 zeigt eine einfache Ausführungsform der Erfindung, bei welcher in einem Kanal 1 eine Blende 20 angeordnet ist. Die Blende enthält eine scharfkantige Blendenöffnung 21, die gemäss der Darstellung bezüglich der Achse A des Kanals exzentrisch angeordnet ist. An der Stelle, wo die Totzone 11 ihre grösste Ausdehnung hat, befindet sich die Mündung 10 des Zuführkanals 8. Die Wirkungsweise ist im übrigen gleich wie bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1 und 2.

Die Ausführungsform nach der Fig. 4 unterscheidet sich von der nach der Fig. 3 dadurch, dass die Verengung im Kanal 1 durch eine Düse 30 gebildet wird. Die Düse 30 hat eine Düsenöffnung 31 mit einer abgerundeten vorderen Kante 32 und einer scharfen hinteren Kante 33. Im vor der Düse 30 befindlichen Abschnitt des Kanals 1 befinden sich die Mündungen 8 mehrerer Zuführkanäle 10.

Die Ausführungsform nach der Fig. 4 hat gegenüber der nach der Fig. 3 den Vorteil, dass der Strömungswiderstand der Vorrichtung kleiner ist. Die abgerundete Kante 32 gestattet nämlich eine Verengung des Strömungsquerschnittes und einen Anstieg der Strömungsgeschwindigkeit mit kleineren Verlusten, als dies bei der scharfkantigen Düse 20 nach der Fig. 3 möglich ist.

Bei der Ausführungsform nach der Fig. 5 ist die Ausweitung durch eine schräge, im vorliegenden Fall konische Fläche 40 gebildet, die zur Achse A des Kanals 1 unter einem Winkel  $\alpha$  steht. Der Winkel  $\alpha$  muss zur Erzielung einer einwandfreien Ablösung der Strömung in den meisten Fällen grösser als  $30^\circ$  sein.

Bei der Ausführungsform nach der Fig. 5 erfolgt die Zufuhr des beizumischenden Mediums bzw. der beizumischenden Medien durch Öffnungen 10, die sich in der Fläche 40 befinden.

Die Ausführungsform nach der Fig. 6 unterscheidet sich von der nach der Fig. 1 dadurch, dass die Strömung des beizumischenden Mediums aus der Öffnung 10 gegen die Strömungsrichtung S des Erstmediums verläuft. Der Verlauf der Strömung des beizumischenden Mediums ist in der Fig. 6 durch Pfeile M angedeutet. Durch die Anordnung der Einführöffnung 10 in Gegenrichtung zur Strömung S des Mediums kann unter Umständen bei gewissen Arten von Medien, wie z. B. staubförmigen oder bei Suspensionen mit schwereren Teilchen, eine bessere Vermischung und auf kürzerer Strecke als bei den übrigen Ausführungsformen erhalten werden.

Die Fig. 7 und 8 zeigen eine Mischvorrichtung, bei welcher ein grösserer Strömungskanal 70 durch Trennwände 71 in eine Mehrzahl von Mischkanälen 1 unterteilt ist. An den Eingangsseiten der Kanäle 1 befinden sich Düsen 72, welche mit ihren scharfkantigen Enden die Ausweitungen 4 bilden. Zur Zufuhr des beizumischenden Mediums ist ein Zuführrohr 73 vorgesehen, das seitliche Stutzen mit Einführöffnungen 10 aufweist. Die Einführöffnungen 10 sind, wie bei der Ausführungsform nach der Fig. 1, in der Strömungsrichtung S des Erstmediums gerichtet.

Bei dieser Ausführungsform wird eine gleichmässige Verteilung des beizumischenden Mediums auf einer besonders kurzen Strecke erhalten. Das beizumischende Medium wird nämlich, wie dargestellt, gleichzeitig an neun gleichmässig über

den Querschnitt des Kanals 70 verteilten Stellen zugeführt. Da die Länge L eines Mischkanals 1 etwas mehr als das Vierfache seiner Dimension D in Querrichtung zur Strömungsrichtung S des Erstmediums betragen soll, ergibt sich für den Mischvorgang eine wesentlich kürzere Länge L als wenn im Kanal 70 eine einzige Düse nach der Fig. 4 angeordnet wäre.

Die Ausführungsform nach der Fig. 9 unterscheidet sich von der nach den Fig. 7 und 8 einzig dadurch, dass die Zufuhr des beizumischenden Mediums durch Einführöffnungen 10 erfolgt, die sich in den Wänden der Düsenkanäle 74 von Düsen 72 befinden. Die Zufuhr des beizumischenden Mediums zu den Einführöffnungen 10 erfolgt durch einen Kanal 75, der in nicht dargestellter Weise nach aussen geführt ist.

## PATENTANSPRÜCHE

I. Mischverfahren zum Mischen von Medien, von denen mindestens eines leicht fließfähig ist, dadurch gekennzeichnet, dass das leicht fließfähige Medium durch einen Kanal mit einer sprunghaften Änderung des Querschnittes geführt wird, an welcher eine Ablösung der Strömung von der Wand des Kanals erfolgt, und dass das beizumischende Medium in den Kanal spätestens in den an der Ausweitung entstehenden Wirbelbereich eingeführt wird.

II. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Patentanspruch I, gekennzeichnet durch einen Strömungskanal (1) für das leicht fließfähige Medium, welcher eine sprunghafte Änderung (4) des Strömungsquerschnittes aufweist, an welcher eine Ablösung der Strömung von der Wand des Kanals erfolgt, sowie durch eine Einführöffnung (10) zur Einföhrung des beizumischenden Mediums in den Strömungskanal (1), die sich an einer Stelle befindet, welche, in Strömungsrichtung (S) des leicht fließfähigen Mediums betrachtet, spätestens im Wirbelbereich der Änderung (4) liegt.

## UNTERANSPRÜCHE

1. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Einführöffnung (10) für das beizumischende Medium stromoberhalb der Änderung (4) im Teil (2) des Kanals (1) mit kleinerem Querschnitt befindet (Fig. 1).

2. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Einführöffnung (10), in Strömungsrichtung (S) betrachtet, nach der Änderung (4) befindet (Fig. 2).

3. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass die Änderung (4) mindestens an ihrer inneren Begrenzung eine scharfe Kante (6) aufweist.

4. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass die Änderung durch eine zur Längsrichtung (A) des Kanals (1) senkrechte Fläche (5) gebildet wird.

5. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass die Änderung durch eine zur Längsrichtung des Kanals (1) schräge Fläche (40) gebildet wird, deren Neigungswinkel ( $\alpha$ ) zur Achse (A) des Kanals grösser als  $30^\circ$  ist.

6. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (1) mehrere sprunghafte Änderungen (4, 4') aufweist, die in der Strömungsrichtung (S) des leicht fließfähigen Mediums hintereinander angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Unteranspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass jeder sprunghaften Änderung (4, 4') eine Einföhröffnung (10) für ein beizumischendes Medium zugeordnet ist (Fig. 2).

8. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Änderung am Ende einer düsenartigen Verengung (30, 72) des Kanals (1) befindet.

9. Vorrichtung nach Unteranspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein grösserer Kanal (70) durch Trennwände (71)

in eine Mehrzahl von Mischkanälen (1) unterteilt ist, an deren Eingangsseite sich Düsen (72) befinden, die an ihren Enden die Änderungen der einzelnen Mischkanäle (1) bilden, wobei jeder Düse (72) eine Einführöffnung (10) für ein beizumischendes Medium zugeordnet ist (Fig. 7 bis 9).

10. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, dass die Einführöffnung (10) von der Änderung (4) maximal um das Zweifache der grössten Dimension (D) in Querrichtung des nach der Ausweitung (4) befindlichen Kanalabschnittes (3) entfernt ist.

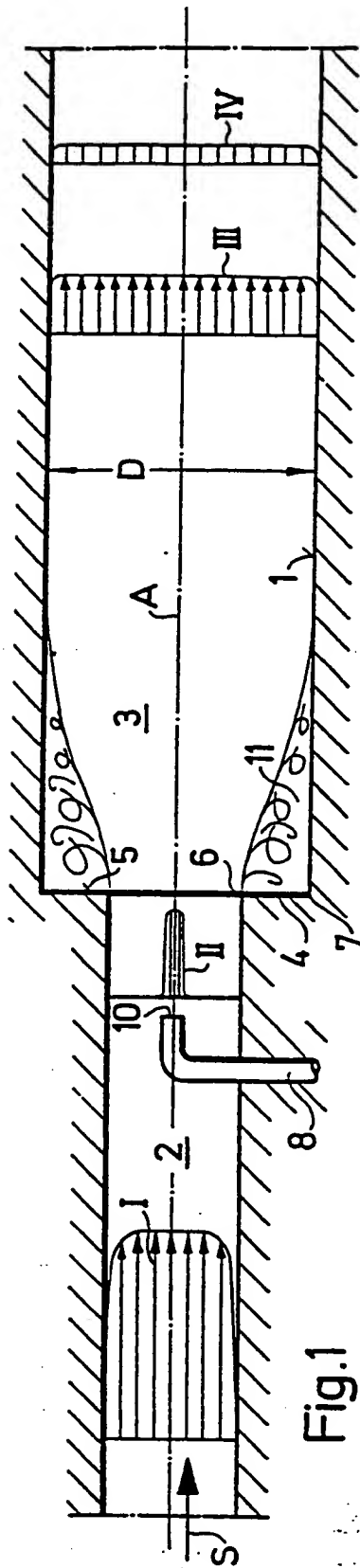
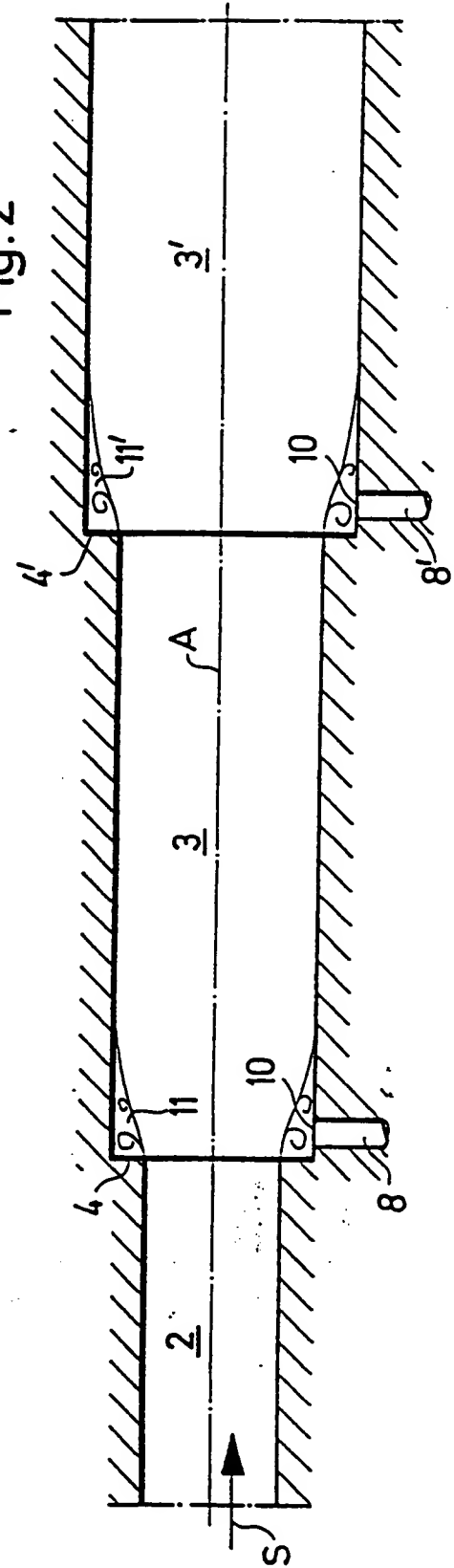


Fig. 2



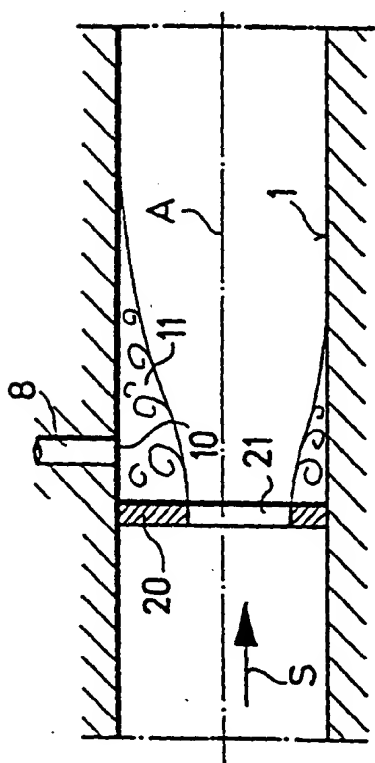


Fig. 3

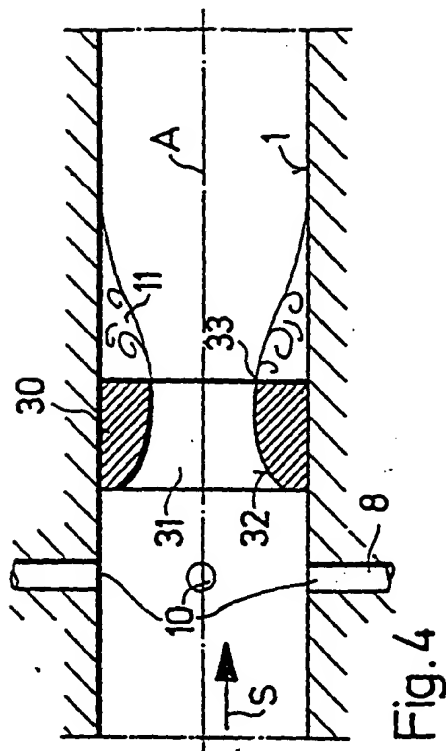


Fig. 4

Fig. 5

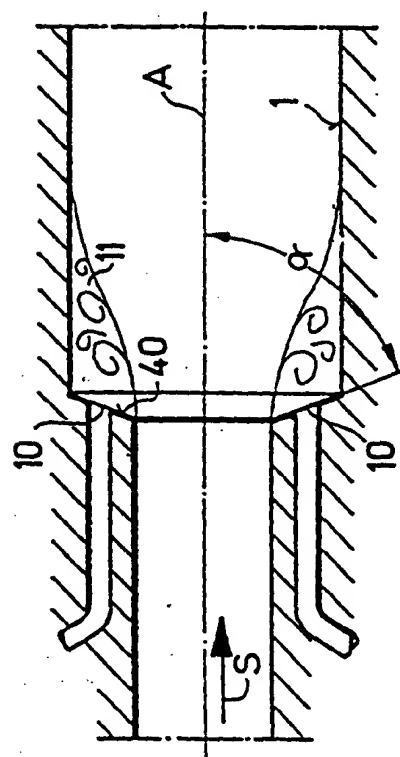


Fig. 6

